

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

⑨ Aktenzeichen: P 42 26 335.2  
⑩ Anmeldetag: 8. 8. 92  
⑪ Offenlegungstag: 10. 2. 94

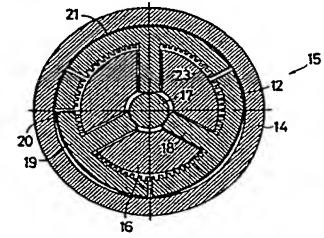
⑫ Anmelder:  
Nagel Maschinen- und Werkzeugfabrik GmbH,  
7262 Nürtingen, DE; Kuhn, Hans, 50825 Köln, DE

⑬ Vertreter:  
Ruff, M., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Beier, J., Dipl.-Ing.;  
Schöndorf, J., Dipl.-Phys.; Mütschle, T.,  
Dipl.-Chem. Dr.rer.nat., Pat.-Anwälte, 70173 Stuttgart

⑭ Erfinder:  
Nagel, Wolf, Dipl.-Ing., 7440 Nürtingen, DE; Kuhn,  
Hans, 5000 Köln, DE

⑮ Honverfahren und -werkzeug zum Honen von Zylinder-Innenflächen

⑯ Statt der bisher üblichen normalen Bearbeitung von Zylinderlaufräumen von Kolben-Arbeitsmaschinen wird eine Honbearbeitung ohne Rotationsanteil zumindest als Schleifbearbeitung durchgeführt, so daß die verbleibenden geringfügigen Honsspuren längs verlaufen und somit ein verbessertes Einsatzverhalten im Zusammenwirken mit den Kolbenringen erlauben. Ein dazu vorgeschlagene Honwerkzeug hat einen großen Umfangsabschnitt einschneidende Honesegmente, die vorzugsweise so federnd ausgebildet sind, daß sie sich der Zylinderlaufläche selbsttätig anpassen.



DE 42 26 335 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen  
BUNDESDRUCKEREI 12.93 308 066/374

## Beschreibung

Bohrungen, insbesondere die Innenflächen von Zylindern, wie Arbeitszylindern von Kraft- und Arbeitsmaschinen, werden zur Schaffung einer bestimmten Oberflächengüte und -struktur gehobt. Es wird dabei streng darauf geachtet, daß die bei der üblichen Honbearbeitung infolge der gleichzeitigen Dreh- und Axialbewegung der Werkzeuge entstehenden Kreuzspuren verringert werden, wodurch wiederum einen Kreuzungswinkel zwischen 30 und 90 Grad erzielt werden.

Die Hon-Kreuzspuren, die in der Oberflächenstruktur erkennbar bleiben, sind dafür gesorgt, "Öltaschen" zu bilden, die eine bessere Haltung des Schmieröles an der Oberfläche des Zylinders ermöglichen und damit den Verschleiß herabsetzen sollen. Durch diese Honarbeitung konnte die Standzeit von Kraft- und Arbeitsmaschinen, insbesondere von Verbrennungsmotoren, trotz erhöhter Drehzahlen und Kolbengeschwindigkeiten erheblich erhöht werden.

Aufgrund dieser Erfahrung ist es eine weitere Verbesserung der Standzeiten, insbesondere der mit den Innenflächen zusammenhängenden Bauteile, wie Kolbenringen, zu erwarten. Möglichst soll auch eine Verbesserung in Richtung auf geringere Reibungsverluste und verminderten Schadstoffausstoß erreicht werden.

Diese Aufgabe wird durch die Ansprüche 1, 5 und 12 gelöst.

Durch das Axialhonen der Zylinderinnenflächen, d. h. ein Honen mit einer weit überwiegend in axialer Richtung verlaufenden Bearbeitungsbewegung, verlaufen nunmehr die Honsspuren auf der Zylinderinnenfläche axial. Erstaunlicherweise hat sich gezeigt, daß trotz des Fehlens der "Öltaschen", die bisher als unabdingbar für einen einwandfreien Betrieb galten, die Standzeiten bisheriger Ausführungen noch übertrroffen werden können. Vor allem sind damit auch geringere Reibungsverluste verbunden, die zu geringeren Energieverlusten und damit bei Verbrennungsmotoren zu einem geringeren Verbrauch und Schadstoffausstoß führen. Der Schadstoffausstoß wird auch durch geringere Schmierstoffverbrauch verringert, weil der Schmierstoff auf den axial gehonnten Zylinderlaufbahnen besser von Olabstreifungen oder dgl. abgestreift werden kann und somit in den Verbrennungsbereich gerät. Die geringere Reibung führt auch zu geringerer Temperaturentwicklung in der Zylinderlaufbahn und vor allem in den damit zusammenhängenden Kolbenringen. Es kann daher unter günstigsten Bedingungen sogar möglich sein, weniger Kolbenringe zu verwenden, d. h. zwei statt der üblichen drei.

Obwohl bisher die "Öltaschen" für so wesentlich gehalten wurden, daß z. B. bei verschonnten Zylinderlaufbahnen klimatisch Verfehlungen eingescheitert wurden, bildet sich bei der längsgehonnten Zylinderlaufbahn wegen der fehlenden Querrillen eine Art "Anzapfung"-Verhalten, weil das Öl nicht in den Riefen seitlich wegedrückt werden kann, so daß schon geringere Schmierstoffmengen ausreichen. Die mit dem Zylinder axial oszillierend zusammenwirkenden Bauteile, wie Kolben und Kolbenringe, können, insbesondere bei entsprechender Werkstoffanpassung, eine Mikroform annehmen, die der axialgehonnten Fläche entspricht. Es kann sich also in relativ kurzer Zeit und ohne wesentlichen Verschleiß ein Einschleif- oder Elaufvorgang abspielen, bei dem die beiden gleichzeitig miteinander zusammenwirkenden Teile ideal aufeinander abgestimmt werden. Dies ist bei den bisher gehonnten Flächen durch den

Kreuzzschiff nicht in dem Maße der Fall, zumindest aber durch die "Fellenwirkung" der Honrillen nur unter großem Verschleiß möglich.

Hydraulik-Kolbenstangen sind bereits an ihrer Außenfläche axial gehobt worden, um die mit ihnen zusammenwirkenden Gummimanschetten zu schonen. Dabei ging es aber wieder um die Probleme der Ölhaltung noch um die Bearbeitung von Bohrungsinnenflächen.

Das Axialhonen kann vorzugsweise ganz ohne Bearbeitungsbewegung in Umfangsrichtung durchgeführt. Um eine gewisse Vergleichsmöglichkeit sowohl bezüglich der Makroform des Werkzeuges als auch der Mikrostruktur der Honbeläge zu bekommen, kann ein Honwerkzeug während der Bearbeitung oder vorzugsweise nach einigen Bearbeitungshüben unter Entlastung vom Arbeitsdruck, also ohne Umfangsrichten zu hinschieben, in eine andere Umfangsrichtung gedreht werden. Je nach den Anforderungen ist es auch möglich, das Axialhonen mit außerordentlich kleiner rotativer Komponente durchzuführen, so daß die Bearbeitungsspuren kaum merklich von der reinen Axialrichtung abweichen.

Es ist ferner möglich, das Axialhonen als einen Schlüß-Arbeitsgang einem normalen Honarbeitsgang nachzuschalten. Dies ist insbesondere dann sinnvoll, wenn durch die Honarbeitung andere Bearbeitungsspuren oder -unge nauigkeiten ausgetragen werden sollen. Durch die überlagerte Axial- und Rotationsbewegung beim üblichen Honen ist der Materialabtrag größer. Durch den nachgeschalteten Axial-Honvorgang kann dann trotzdem die Axialstruktur der Oberfläche erzeugt werden oder einer Kreuzstruktur so überlagert werden, daß sie die Vorteile beider Verfahren und Strukturen miteinander kombinieren.

Das erfundene Honwerkzeug ist so ausgebildet, daß seine Honsegmente auch in ihrer Umfangskontur an die Kontur der Bearbeitungsgürtel anpassen. Dies ist zum einen wichtig für die Anpassung des Werkzeuges an den jeweiligen Bearbeitungsdurchmesser, vor allem aber auch bei der Bearbeitung auf unregelmäßigen Werkstücke, die im Rahmen der Bearbeitungstoleranzen unterschiedliche Bohrungsdurchmesser und /oder Formen haben. Die Anpaßbarkeit der Honsegmente vermeidet dabei, daß die bestimmte Bereiche der Honung beispielsweise die Außenkanäle oder der Mittelbereiche und somit eine über den Umfang ungleichmäßige Bearbeitung erfolgt, die beim normalen Honen durch die rotative Komponente ausgeglichen wird. Die Anpassung kann durch die elastische Ausbildung der Honsegmente erfolgen, die so abgestimmt ist, daß die Segmente unter dem Bearbeitungsgewicht gleichmäßig nachgeben und damit gleiche Bearbeitungsdrücke hervorrufen. So kann beispielsweise bei einem Honbelag, der einen relativ großen Umfangsberich, beispielsweise ein Viertel des Kreisumfanges, umfaßt und in der Mitte an einer Anstellwirrichtung abgesetzt ist, die Stütze zum Rande hin größer werden, um die von den Außenbereichen ausgeübte Hebungskraft und die durch Wölbung veränderten Andruckverhältnisse auszugleichen. Die elastische Gestaltung der Honsegmente kann beispielsweise durch Einschnitte an ihrer Rückseite erfolgen, könnte aber auch einzeln abgedefierte Honsegmente dienen.

Obwohl die Anpassungsprobleme bei schmalen Honsegmenten geringer sind, ist es bevorzugt, die Honsegmente sehr großflächig zu gestalten, beispielsweise mit nur vier oder sechs Segmenten am Umfang, weil dadurch weniger Lücken zwischen den Segmenten auf-

treten, die beim Axialhonen unverarbeitete Stellen hinterlassen. Dies kann allerdings durch ein mehrfaches Weiterdrehen des Honerzeugts während der Gesamtbearbeitung durch Schrägausordnung der Lücken bzw. Segmente oder durch die Vorförderung in Achsrichtung aufeinanderfolgender Gruppen von Honwerkzeugen mit verdeckten Lücken ausgeglichen werden.

Ein Zylinder, insbesondere ein Arbeitszylinder von Kraft- und Arbeitsmaschinen, um ganz besonders bevorzugt für Verbrennungskraftmaschinen, der erfundengemäß in Axialrichtung verlaufende Honspuren aufweist, trägt wesentlich zur Verbesserung der Standzeiten und vor allem zur Senkung des Energie- und Schmiermittelverbrauchs sowie von Schadstoffen bei.

Diese und weitere Merkmale gehen außer aus den Ansprüchen auch aus der Beschreibung und den Zeichnungen hervor, wobei die einzelnen Merkmale jeweils für sich allein oder zu mehreren in Form von Unterkombinationen bei einer Ausführungsform der Erfindung und auf anderen Grundlagen als Ausführungsformen darstellen können, für die hier Schutz beansprucht wird. Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden im folgenden näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1a die Bearbeitungsspuren einer üblichen Honbearbeitung auf einer bearbeiteten Fläche.

Fig. 1b die Bearbeitungsspuren auf einer erfundengemäß bearbeiteten Zylinder-Innenfläche.

Fig. 2 einen schematischen Querschnitt durch ein Honwerkzeug.

Fig. 3 eine schematische Seitenansicht von Ausführungsformen von Honwerkzeugen und

Fig. 5 einen vergrößerten Teil-Querschnitt durch einen Kolbenring.

Übliche Honwerkzeuge bearbeiten eine Bohrung mit einem Bohrungsführenden Werkzeug in einer überlagernden Dreh- und Hubbewegung, wobei die beiden Bewegungskomponenten gleich groß sind. Dadurch entstehen auf der Werkstückoberfläche kreuzförmige Bearbeitungsspuren, die sich unter einem Winkel  $\alpha$  in der Großsonderung von 45 bis 90°, vorwiegend 60° kreuzen (Fig. 1). Üblicherweise wurde beim Vorbereiten der Winkel größer gewählt, d. h. dort waren Umfangs- und Hubgeschwindigkeit etwa gleich, während zur Erzeugung der endgültigen Oberfläche die Hubgeschwindigkeit im Vergleich zur Umfangsgeschwindigkeit reduziert wurde. Damit sollte die Oberfläche verbessert und Makro-Ungenaugkeiten vermieden werden.

Die Erfindung geht nun den entgegengesetzten Weg und schlägt vor, die Honbearbeitung beim abschließenden Honen mit einer größeren Umfangskomponente axial vorzunehmen, so daß schiefwinkelige Bearbeitungsspuren 11 auf der Werkstückoberfläche 12 entstehen, die möglichst genau parallel zu den Längsrillen 13 der Zylinderinnenbohrung verlaufen (Fig. 2). Bei dem Werkstück 13 handelt es sich um einen Zylinder 14 eines Verbrennungsmotors, der mit einem Kolben 15 und dessen angeordneten Kolbenringen gleitend zusammenarbeitet.

Die Bearbeitungsspuren 11 auf der Oberfläche 12 haben zwar, da es sich beim Honen um eine Feinbearbeitung handelt, nur eine Tiefe in der Großsonderung von  $\mu$ , bestimmen jedoch das Einfahrt- und Dauerverhalten.

Im Gegensatz zu den üblichen Honverfahren kann bei der Erfindung mit überlagerter Umfangs- und Honbewegung vorgehort werden, während dann die Schlussbearbeitung mit rein axialem Führen des Honwerkzeuges erfolgt. Dies ist der Tendenz üblicher Hon-

verfahren entgegengesetzt. Damit wird eine Vergleichsmäßigung der Umfangsrichtung bereits beim Vorhören erzeugt und die Funktion wichtiger Oberflächenstruktur mit längsverlaufenden Erarbeitungsspuren wird im nachfolgenden Schliff-Bearbeitungsgang erzeugt.

Besonders bevorzugt ist es, wenn das Honen ganz ohne Umfangsbewegung erfolgt. Verbesserungen können allerdings auch schon erzielt werden, wenn die Umfangsbewegung sehr gering ist, beispielsweise nicht mehr als ein Hundertstel der Axialbewegung beträgt. Bevorhorende Bearbeitungsgeschwindigkeiten sind etwa 10 bis 50 mm/min in Axialrichtung, vorzugsweise 15 bis 30 mm/min, während Umlaufgeschwindigkeiten unter 1 (0,1) m/min liegen sollten. Es kann auch ein mehrstufiger oder auch stufenloser Übergang zwischen dem Vorhören mit Umfangsbewegung und der Endbearbeitung weigehend ohne Umfangsbewegung erfolgen, indem die Umfangsgeschwindigkeit stetig absteigt oder kontinuierlich immer weiter reduziert wird. Durch die Übertragung der Bearbeitungsspuren (Kreuz- und Axial-) wird, insbesondere, wenn das Vorhören mit Kreisbewegen mit einer weniger feinen Schleifmittelschicht erfolgt, eine "Plateauwirkung" erzielt, d. h. das feinere Werkzeug arbeitet die darunterliegenden Kreissspuren an ihrer Oberfläche ab und schafft dort eine axiale Bearbeitungsspurenbahn, während die verbleibenden Vertiefungen vom Vorhören noch Öltaschen bilden, falls diese erforderlich gehalten werden.

Durch die hervorragenden Gleiteigenschaften im Zusammenhang mit den darauffgenden Kolbenringen ist es allerdings möglich, auf eine bewußte Oftaltung an der Zylinderoberfläche zu verzichten, so daß das Oberflächenraum weniger verbreitert wird.

Fig. 2 zeigt ein Honwerkzeug 15, das speziell zum Axialhonen vorgesehen ist und Segmentierung aufweist. Es hat einen Werkzeughals 16, in dessen Innenebohrung 17 läuft ein über Bettungskugeln 18 Schneidbelagsträger, im folgenden als Honsegmente 19 bezeichnet, zur bohrungsfüllenden Belegung anstehen kann. Die beim Ausführungsbeispiel vorgesehenen drei Honsegmente schließen mit relativ geringen Zwischenräumen 20 aneinander an.

Das Honsegment 19, die eine möglichst großflächige in Längsrichtung möglichst ununterbrochene Schleifmittelschicht 21 aufweisen, sind derart federnd ausgebildet, daß sie in ihrem Abstand von den Aufweckeln 18 ansetzen. Diese Federung oder Elastizität ist so bemessen, daß, auch unter Berücksichtigung der dadurch durch die Krümmung des Segments ergebenen Kraftverteilung, bei der üblichen Bearbeitungskraft eine möglichst gleichmäßige Kraftverteilung über die gesamte Segmenteoberfläche ergibt. Die Federung ist in vorliegendem Beispiel durch rückwärtige Einschüsse 23 des Honwerkzeuges gebildet, die im wesentlichen axial verlaufen und, abhängig von ihrem Abstand von der Unterstützung durch die Aufweckelle 18, unterschiedlich definiert sein können. Es sind auch andere Federungsmöglichkeiten denkbar, beispielsweise durch elastische Zwischen-

Fig. 2 zeigt in der oberen Hälfte die an die Bohrungswandung angelegte, d. h. angestellte Segmente 19, während in der unteren Hälfte die Segmente 19 gerade erst beginnen, sich anzuordnen. Sie haben daher noch eine geringere Krümmung als die Bohrungswandung. Sie passen sie erst unter der Anstellkraft an.

Besonders bevorzugt eingeschleifte Segmente aus Boronitrid (CBN) oder Diamantbeläge. Es werden dadurch sich an die Bohrungsform selbst anpassende Schneidbeläge geschaffen, die von allem auch Durchmessertoleranzen ausgleichen.

Es können in Umfangrichtung schräge und/oder pfeilförmige Spanabführungen vorgesehen sein.

Bei diesem Werkzeug sollte, sofern mit genau axialem Bearbeitungsrichtung gearbeitet wird, ein stufenweiser Umfangverguss vorgenommen werden, wozu vorzugsweise die Honbheläge durch Zurückziehen des Aufweitkonus 17 kurz entlastet werden, bevor das Honwerkzeug um einen Betrag, der kleiner ist als die Breite der Segmente weitergedreht wird. Dadurch wird erreicht, dass alle Umfangsberge möglichst gleichmäßig gehont werden.

Es ist aber möglich, entsprechend Fig. 3 mehrere Segmente in Axialrichtung hintereinander zu schalten und jeweils die Zwischenräume 20 zwischen den Segmente vertikal anzutreiben. Bei entsprechender Wahl 20 der unterschiedlichen Zwischenraumbreiten kann auch ohne Weiterdrehung eine gleichmäßige Bearbeitung erfolgen.

Es ist ferner möglich, gemäß Fig. 4 die Segmente mit pfeilförmigen Zwischenräumen 20 oder mit 21 schräg angeordneten Zwischenräumen 20 oder mit pfeilförmigen Nuten aufzubauen, wodurch sich auch eine verbesserte Spülzuführung im Bereich der Zwischenräume ergibt.

Die Anbindungsmaßnahmen bearbeiteten Zylinderanflächen sollten bevorzugt mit Kolbenringen 30 zusammenarbeiten, die auf einem üblichen Eisen-Gussmaterial mit einer Härte von z.B. 60-70 HRC eine Beschichtung 31 (Fig. 5) aufweisen.

Als Beschichtungsmaterialien sind insbesondere Niob, Wolframat und Zirkon bevorzugt. Titan und Tantal 22 wären ebenfalls gut geeignet, während die Elemente Rhenium, Palladium und Platin zwar vorteilhafte Eigenschaften zeigen, jedoch sehr teuer sind.

Bei der Materialwahl sollte vor allem auf anhaftende und reaktionsarme Eigenschaften geachtet werden, da sich eine Kupfer- und Olikohlt nicht ansetzt und die Bildung von Metall-Karbonylen verhindert wird. Diese würden einerseits das Metall abrunden und wären andererseits Schadstoffe.

Obwohl die Härte der Kolbenring-Beschichtung üblicherweise größer ist als die der Zylinderanflächen (Niob bei 49 HRC, Zirkon bei 60 HRC und Wolfram bei 72 HRC), entsteht doch ein gewisser Einbaufürgang, bei dem sich die beiden zusammenarbeitenden Oberflächen besser anpassen. Wenn vorzugsweise die Oberfläche des Kolbenringes eine Schliffbearbeitung in Axialrichtung, beispielsweise durch Axial-Außenbohrer im Paket erhält, dann ergibt sich nach kurzer Einfahrzeit eine ideale Anpassung, so dass schon bei geringer Ölfilmdicke ein hydraulisches Tragen und damit eine Verschleißfreiheit erreicht wird.

Auch bei härteren Kolbenlaufbahnen, beispielsweise durch Bohrmitritzzusätze im Material oder ein Einbetten von Siliziumkörnern in eine Nickelbeschichtung, wirkt die Beschichtung vorteilhaft.

Die Beschichtung erfolgt im Vakuum durch eine Plasma-Beschichtung mit Lichtbogen, d.h. eine sogenannte Target-Beschichtung.

Ein solches PVD-Arc-Verfahren arbeitet wie folgt:

Die Werkstücke werden auf einem Halterungssystem in die Bearbeitungseinheit gebracht. Hierauf wird in die Kammer ein Hochvakuum erzeugt. Dann wird die Beschichtung auf eine Temperatur von 200°C bis 400°C

aufgeheizt und durch "Sputtern" eine intensive Reinigung der Werkstücke vorgenommen. Im Anschluss wird dampft ein Lichtbogen die Kathode (Target). Durch den Prozess findet eine Umwandlung des Kathodenmaterials vom festen in eine hochenergetisch geladenen Ionen-dampf statt. Das ionisierte Material aus Zirkon, Niob oder anderen Metallen schlägt sich in Verbindung mit dem eingesetzten Reaktivgas (Stickstoff) auf den Werkstücken nieder und verbindet sich mit dem Träger.

Der Vorteil dieses PVD-Verfahrens (physikalische Abscheidung aus der Dampfphase) gegenüber dem CVD-Verfahren (chemische Abscheidung aus der Dampfphase) besteht darin, dass beim PVD-Verfahren 15 eine Abscheidung von Hartstoff schon zwischen 200°C bis 400°C erfolgt, während das CVD-Verfahren für die chemische Reaktion Temperaturen von 800°C bis 1100°C erfordert und benötigt Härt-, Verzug etc. weniger vorteilhafte Ergebnisse liefern.

Auch das Flammenspritzverfahren erscheint für bestimmte Anwendungen brauchbar, aber es ist wegen des schwächeren Porosität, mangelnder Härtung und rauher Oberfläche nachteiliger. Ferner erfordert es keine Anbringung von Innenflächen und erfordert aufwendiges Nacharbeiten.

Die Schichtdicke beträgt nur wenige µm, z.B. zwischen 5 und 15 µm, vorzugsweise 8 µm. Die Beschichtung kann auf allen Kolbenringtypen vorgenommen sein. Oblicherweise sind bei einem KFZ-Motor axial drei Kolbenringe hintereinander angeordnet und zwar, vom Abbremsungsraum aus betrachtet, zuerst ein balliger Ring, dann ein sogenannter Minutenring, der eine sich vom Verbrennungsraum aus erstreckende Schichtzone in der Großenordnung von Winkelminuten aufweist und danach ein dritter Mittelring verschiedener Olabstreifring. Wegen der hervorragenden Eigenschaften sowohl des Rings als auch der entsprechend vorbereiteten Lauffläche kann ggf. auf einen dieser Ring verzichtet werden. Die Beschichtung hat noch den Vorteil, dass sie eventuelle Unebenheiten der Kolbenringoberfläche ausgleicht.

#### Patentsprüche

1. Verfahren zum Honen von Zylinder-Innenflächen, insbesondere in Arbeitszylindern (13) von Kraft- und Arbeitsmaschinen, dadurch gekennzeichnet, dass das Honen als Axialhonen ohne wesentliche Bearbeitungsbewegung in Umfangrichtung durchgeführt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Axialhonen-Arbearbeitungsgang mit Axial- und Umfangs-Bearbeitungsgang nachgeschaltet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Axialhonen bei Zylinder-Innenflächen verwendet wird, die im Betrieb mit Kolbenringen (30) bearbeitet werden und vorzugsweise mit Schnittmittel versorgt werden.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mit axialem Bearbeitungsgeschwindigkeiten zwischen 10 und 50, vorzugsweise 15 bis 30 m/min und mit Umfangsgeschwindigkeiten unter einem m/min, vorzugsweise unter 0,1 m/min, gearbeitet wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass beim Axialhonen ein Honwerkzeug (15) nach einer Anzahl

7  
axialer Bearbeitungshöhe, ggf. mehrfach, und vorzugsweise unter Belastung vom Bearbeitungsdruck, in eine andere Umfangsposition gebracht wird.

6. Honwerkzeug mit anstellbaren, mit Schneidbelägen (19) versehenen Schneidbelagträgern (19), dadurch gekennzeichnet, daß es zum Axialhöhen ausgebildet ist und Anpassungsmittel zur Anpassung der Umfangskontur der Schneidbeläge an die Kontur der zu bearbeitenden Flächen aufweist.

7. Honwerkzeug nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß es zum Axial-Innenhöhen ausgebildet ist.

8. Honwerkzeug nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Anpassungsmittel eine elastische Ausbildung der Schneidbelagträger (19) umfassen, die vorzugsweise so abgestimmt ist, daß über die Trägerfläche im wesentlichen gleiche Bearbeitungsdrücke vorliegen.

9. Honwerkzeug nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Schneidbelagträger (19) großflächige Honssegmente sind und jeweils mehr als ein Achtel, vorzugsweise mehr als ein Fünftel, des Honwerkzeug-Umfanges einnehmen, wobei vorzugsweise Lücken (20) zwischen den Schneidbelagträgern (19) wesentlich schmäler sind als die Umfangsbmessungen der Honssegmente.

10. Honwerkzeug nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Schneidbelagträger (19) die Einheitsecke der den Schneidebelägen gegenüberliegenden Seite der segmentförmigen Honssegmente elastisch anpassen sind.

11. Honwerkzeug nach einem der Ansprüche 5 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß Lücken zwischen den Schneidbelagträgern (19) schräg zur Achsrichtung verlaufen.

12. Honwerkzeug nach einem der Ansprüche 5 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens zwei Gruppen von Schneidbelagträgern (19) in Achsrichtung hintereinander angeordnet sind, wobei die in Umfangsrichtung zwischen den Schneidbelagträgern (19) je einer Gruppe vorgesehenen Lücken gegenüber denen der anderen Gruppe in Umfangsrichtung gegeneinander versetzt sind.

13. Zylinder, insbesondere Arbeitssylinder für Kraft- und Arbeitsmaschinen, besonders Verbrennungskraftmaschinen mit einer Innenfläche, die weit überwiegend in Axialrichtung verlaufende Honspuren (11) aufweist.

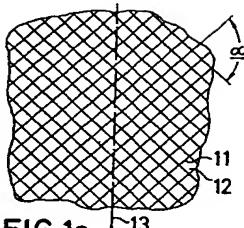
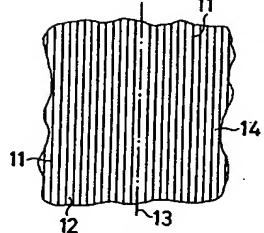
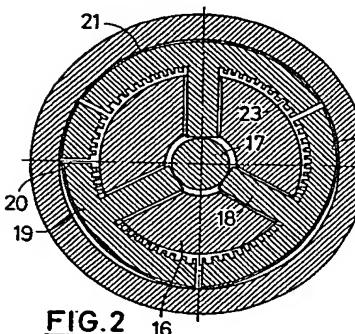
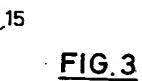
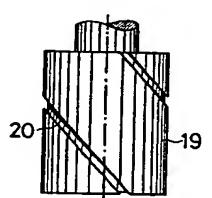
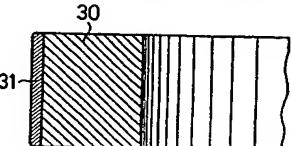
50

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

55

60

65

FIG. 1aFIG. 1bFIG. 2FIG. 3FIG. 4FIG. 5